

PENGELOLAAN LIMBAH PERTANIAN

DIKTAT

KODE MK : 09516338



OLEH

Ir . I. Ketut Irianto M. Si

FAKULTAS PERTANIAN PROGRAM STUDI

AGROTEKNOLOGI

UNIVERSITAS WARMADEWA

2015

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadapan Tuhan Yang Maha Esa, atas Berkat Rahmat Beliau kami dapat menyelesaikan Diktat berjudul Diktat Pengelolaan Limbah Pertanian yang akan dipergunakan sebagai pedoman oleh mahasiswa yang menempuh mata kuliah Pengelolaan air. Diktat ini bersumber dari berbagai referensi, buku, jurnal ilmiah, hasil diskusi/konferensi, forum ilmiah. Diktat ini juga diambil dari hasil pengembangan penelitian, bahan-bahan dari praktisi, kebijakan pemerintah dan penelitian Pengelolaan Limbah Pertanian. Buku Diktat ini dipergunakan pada pembelajaran mata kuliah Pengelolaan Limbah Pertanian. Hasil pembelajaran dengan penguasaan materi diktat ini diharapkan mahasiswa mampu memahami dan mengembangkan ilmu lingkungan khususnya pengelolaan limbah, mahasiswa mampu meningkatkan kualitas hasil belajar. Buku Diktat ini dapat dipakai sebagai pedoman untuk pengembangan ilmu lingkungan di Fakultas Pertanian Jurusan Budidaya/Agroteknologi Pertanian Universitas Warmadewa.

Diktat ini sebagai sumber bacaan mahasiswa, sehingga perlu penyempurnaan lebih lanjut sesuai dengan perkembangan ilmu dan tuntutan kompetensi/keahlian.

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR		i
DAFTAR ISI		ii
BAB I. PENGOLAHAN LIMBAH PERTANIAN		3
BAB II. PEMANFAATAN LIMBAH PERTANIAN UNTUK GASBIO		17
BAB III. PENGELOLAAN LIMBAH PERTANIAN DENGAN POLA PRODUKSI		34
BAB IV. KESIMPULAN		
		41

BAB. I

PENGOLAHAN LIMBAH PERTANIAN

Limbah pertanian diartikan sebagai bahan yang dibuang di sektor pertanian seperti jerami padi, jerami jagung, jerami kedelai, jerami kacang tanah, kotoran ternak, sabut dan tempurung kelapa, dedak padi, dan yang sejenisnya. Limbah pertanian dapat berbentuk bahan buangan tidak terpakai dan bahan sisa dari hasil pengolahan (Anonimus, 2008a).

1,1 Karakteristik Limbah Pertanian

Limbah yang berasal dari pengolahan hasil pertanian secara umum ditandai dengan tingginya kandungan protein, tingginya kandungan karbohidrat tapi rendah protein, dan tingginya kandungan pati dengan kandungan serat yang rendah. Limbah pertanian dan perkebunan dapat bersifat amba (*bulky*), berserat (*fibrous*), pencernaan rendah (*low digestibility*), dan rendahnya kandungan protein (low protein). Komponen berserat umumnya terdiri dari:

- Selulosa: mempunyai bobot molekul tinggi, terdapat dalam jaringan tanaman pada bagian dinding sel sebagai mikrofibril, terdiri dari rantai glukosa yang diletakkan oleh ikatan hidrogen. Selulosa dicerna oleh enzim selulase menghasilkan asam lemak terbang atau VFA(volatile fatty acid) seperti asetat, propionat, dan butirat.
- Hemiselulosa: terdapat bersama selulosa, terdiri dari pentosan, pectin, xylan dan glikan. Hidrolisa oleh enzim hemiselulase menghasilkan lemak terbang.
- 3
- Lignin: suatu substansi yang kompleks dan tidak dapat dicerna, terdapat pada bagian kayu dari tanaman (kulit gabah, bagian fibrosa akar, batang, dan daun). Keberadaan lignin selalu bersama-sama dengan selulosa dan hemiselulosa dalam menyusun dinding sel. Karena selalu bersama selulosa dan hemiselulosa, lignin dikenal sebagai karbohidrat, namun sesungguhnya lignin berbeda dengan

karbohidrat. Perbedaan terletak pada atom karbon (C) dimana atom karbon pada lignin lebih tinggi dan tidak proporsional. Semakin tua tanaman kadar lignin semakin tinggi akibatnya daya cerna semakin menurun dengan semakin bertambahnya lignifikasi. Selain mengikat selulosa dan hemiselulosa, lignin juga mengikat protein dinding sel. Lignin tidak dapat larut dalam cairan rumen oleh sebab itu lignin merupakan penghambat bagi mikroorganisme rumen dan enzim untuk mencerna tanaman tersebut.

- Silika: merupakan kristal yang terdapat dalam dinding sel dan mengisi ruang antar sel. Pada tanaman sereal kandungan, abu yang tinggi biasanya sejalan dengan kadar silikanya.

1.2 Klasifikasi Limbah Pertanian

Secara garis besar limbah pertanian dibagi ke dalam limbah pra, saat panen, dan limbah pasca panen. Lebih lanjut, limbah pasca panen dapat digolongkan ke dalam kelompok limbah sebelum diolah dan limbah setelah diolah atau limbah industri pertanian (Anonimus 2008b).

Pengertian limbah pertanian pra panen yaitu materi-materi biologi yang terkumpul sebelum atau pada saat hasil utamanya diambil. Sebagai contoh daun, ranting, atau batang tanaman. Limbah tersebut biasanya dikumpulkan sebagai sampah dan umumnya hanya dibakar. Kotoran ternak sebagian besar hanya digunakan sebagai pupuk kandang, walaupun sebenarnya masih dapat diolah menjadi bahan bakar langsung atau didifermentasi menjadi biogas. Media jamur dan campuran makanan ternak merupakan beberapa contoh lain dari limbah pertanian pra panen.

Limbah pertanian saat panen merupakan limbah yang tersedia pada musim panen. Golongan tanaman sereal seperti padi, jagung, dan sorgum merupakan golongan limbah pertanian yang ketersediaannya cukup banyak pada musim panen. Sisa potongan bagian bawah jerami dan akar tanaman padi belum dimanfaatkan secara optimal. Sisa-sisa tanaman ini umumnya direndam dan akan mengalami pembusukan saat dilakukan pembajakan. Sementara jerami bagian atas tanaman padi, jagung atau

sorgum sebagian ada yang difermentasikan atau dibuat silase untuk pakan ternak ruminansia, dan sebagian lainnya dibakar (Anonimus, 2008b).

Hampir semua tanaman setahun masih menyisakan sisa tanaman yang sampai sejauh ini hanya dibuang atau dibakar atau dimanfaatkan sebagian untuk makanan ternak, kompos, bibit (misalnya ubi jalar), dan belum ada pemanfaatannya yang lebih baik misalnya diekstrak klorofilnya untuk bahan pewarna makanan dan lain sebagainya. Sisa panen pisang berupa batang, pelepah dan daun di perkebunan pisang perlu dipikirkan cara penanganannya yang lebih baik. Serat batang pisang masih bisa dimanfaatkan untuk karung misalnya. Sama halnya di kebun nenas setelah diambil tunas batangnya untuk bibit, sisanya kebanyakan dipotong lalu dibuang walaupun peremajaannya dilakukan setelah tanaman pokok berumur 3-4 tahun bahkan ada yang membiarkannya terus. Serat yang ada di daun-daunnya mungkin masih bisa dimanfaatkan.

Limbah pasca panen-pra olah demikian juga cukup banyak seperti tempurung, sabut dan air buah pada kelapa, afkiran buah atau sayuran dan hasil lainnya yang rusak atau tidak memenuhi ketentuan kualitas, kulit, darah, jeroan, pada ternak potongan. Demikian pula kepala ikan dan jeroan, kulit kerang/tiram, udang dan ikan, dan banyak lagi macam dan jenisnya yang lain termasuk sampah-sampah basah baik dari rumah tangga maupun pabrik bekas-bekas pembungkus seperti daun pisang. Di penggilingan padi limbah bisa dikumpulkan antara lain sekam kasar, dedak, dan menir. Sekam banyak dimanfaatkan sebagai bahan pengisi untuk pembuatan bata merah, dipakai sebagai bahan bakar, media tanaman hias, diarsangkan untuk media hidroponik, diekstrak untuk diambil siliknya sebagai bahan empelas dan lain-lain.

Dedak halus digunakan sebagai pakan ternak ayam, bebek atau kuda, sementara menirnya dimanfaatkan sebagai campuran makanan bayi karena kandungan vitamin B1 tinggi, makanan burung, dan diekstrak minyaknya menjadi minyak katul (*bran oil*). Hasil panen jagung menghasilkan limbah dalam bentuk klobot jagung yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan pengemas makanan secara tradisional (wajik, dodol), tongkolnya kurang dimanfaatkan walaupun sebenarnya mungkin masih bisa untuk media jamur atau lainnya. Hasil penggilingan jagung menjadi tepung, lembaganya bisa

diekstrak menjadi minyak jagung dan tentu saja ampasnya masih bisa dimanfaatkan karena kandungan proteinnya dan mungkin lemaknya masih ada.

Limbah industri pertanian adalah buangan dari pabrik/industri pengolahan hasil pertanian. Seperti industri-industri lainnya justru limbah ini yang banyak menimbulkan polusi lingkungan kalau tidak ditangani secara baik. Jenis industri ini juga cukup banyak. Untuk memudahkan penanganannya limbah yang berasal dari industri pertanian, perlu dilakukan pengelompokan berdasarkan komponen bahan bakunya, seperti limbah karbohidrat, protein atau lemak. Disamping itu pengelompokan dapat pula dilakukan berdasarkan fasenya, yaitu cairan atau padatan.

1.3 Pertanian Berkelanjutan

Ada beberapa definisi yang berkembang pada saat ini tentang "Pertanian berkelanjutan". Menurut World Conservation Strategy 1980 pembangunan berkelanjutan didefinisikan sebagai "pembangunan yang memenuhi kebutuhan masa sekarang tanpa mengorbankan kesanggupan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka" (Anonimus, 1990). Menurut Sutanto (2002), Pertanian Berkelanjutan adalah keberhasilan dalam mengelola sumberdaya untuk kepentingan pertanian dalam memenuhi kebutuhan manusia, sekaligus mempertahankan dan meningkatkan kualitas lingkungan serta konservasi sumberdaya alam. Pertanian berwawasan lingkungan selalu memperhatikan komponen tanah, air, manusia, hewan/ternak, makanan, pendapatan dan kesehatan. Sedang tujuan pertanian yang berwawasan lingkungan adalah mempertahankan dan meningkatkan kesuburan tanah; mempertahankan dan meningkatkan keanekaragaman hayati dan ekosistem; dan yang lebih penting untuk mempertahankan dan meningkatkan kesehatan penduduk dan makhluk hidup lainnya. Menurut Gips (1986) dan Akrial (2008), sistem pertanian berkelanjutan harus dievaluasi berdasarkan pertimbangan beberapa kriteria, antara lain:

- **Aman menurut wawasan lingkungan**, berarti kualitas sumberdaya alam dan vitalitas keseluruhan agroekosistem dipertahankan, mulai dari kehidupan manusia, tanaman dan hewan sampai organisme tanah dapat ditingkatkan. Hal ini dapat dicapai apabila tanah terkelola dengan baik, kesehatan tanah dan tanaman

ditingkatkan, demikian juga kehidupan manusia maupun hewan ditingkatkan melalui proses biologi. Sumberdaya lokal dimanfaatkan sedemikian rupa sehingga dapat menekan kemungkinan terjadinya kehilangan hara, biomassa dan energi, dan menghindarkan terjadinya polusi. Menitikberatkan pada pemanfaatan sumberdaya terbarukan.

- **Menguntungkan secara ekonomi**, berarti petani dapat menghasilkan sesuatu yang cukup untuk memenuhi kebutuhannya sendiri/pendapatan, dan cukup memperoleh pendapatan untuk membayar buruh dan biaya produksi lainnya. Keuntungan menurut ukuran ekonomi tidak hanya diukur langsung berdasarkan hasil usahatannya, tetapi juga berdasarkan fungsi kelestarian sumberdaya dan menekan kemungkinan resiko yang terjadi terhadap lingkungan.
- **Adil menurut pertimbangan sosial**, berarti sumberdaya dan tenaga tersebar sedemikian rupa sehingga kebutuhan dasar semua anggota masyarakat dapat terpenuhi, demikian juga setiap petani mempunyai kesempatan yang sama dalam memanfaatkan lahan, memperoleh modal cukup, bantuan teknik dan memasarkan hasil. Semua orang mempunyai kesempatan yang sama berpartisipasi dalam menentukan kebijakan, baik di lapangan maupun dalam lingkungan masyarakat itu sendiri.
- **Manusiawi terhadap semua bentuk kehidupan**, berarti tanggap terhadap semua bentuk kehidupan (tanaman, hewan dan manusia) prinsip dasar semua bentuk kehidupan adalah saling mengenal dan hubungan kerja sama antar makhluk hidup adalah kebenaran, kejujuran, percaya diri, kerja sama dan saling membantu. Integritas budaya dan agama dari suatu masyarakat perlu dipertahankan dan dilestarikan.
- **Dapat dengan mudah diadaptasi**, berarti masyarakat pedesaan/petani mampu dalam menyesuaikan dengan perubahan kondisi usahatani: penambahan penduduk, kebijakan dan permintaan pasar. Hal ini tidak hanya berhubungan dengan masalah perkembangan teknologi yang sepadan, tetapi termasuk juga inovasi sosial dan budaya.

Sagiman (2007) menyatakan bahwa alasan pemilihan sistem pertanian berkelanjutan adalah:

- Pertanian modern saat ini (Amerika) didasarkan pada sumber daya yang tidak terbarukan, dikawatirkan jika sumberdaya tidak terbarukan berkurang maka harga pangan dunia menjadi mahal atau produksi menjadi menurun.
- Produksi yang tinggi pada saat sekarang memberikan kontribusi terhadap menurunnya kualitas lingkungan, dalam pengertian erosi tanah, pencemaran lingkungan dan kerusakan hutan.
- Meningkatnya masalah polusi yang disebabkan oleh kegiatan pertanian.
- Dengan demikian muncul suatu pemikiran agar pertanian lebih banyak bertumpu pada kemampuan sumber daya alam lokal, selanjutnya secara terus menerus mengembangkannya untuk menghadapi kebutuhan pangan yang terus meningkat dalam ketersediaan sumberdaya pertanian yang terbatas.
- Teknologi pertanian modern pada saat ini tampaknya akan menjadi tidak lestari (unsustainable) pada masa yang akan datang jika produksi pertanian menjadi satu-satunya sumber utama energi dan cadangan pangan penduduk dunia.

Pada prinsipnya pertanian organik sejalan dengan pengembangan pertanian dengan masukan teknologi rendah (Low input technology) dan upaya menuju pembangunan pertanian yang berkelanjutan. Menurut Hardwood (1990) ada tiga kesepakatan yang harus dilaksanakan dalam pembangunan pertanian berkelanjutan, yaitu :

- Produksi pertanian harus ditingkatkan, namun efisien dalam pemanfaatan sumber daya,
- Proses biologi harus dikontrol oleh sistem pertanian itu sendiri (bukan tergantung pada masukan yang berasal dari luar pertanian) dan
- Daur hara dalam sistem pertanian harus lebih ditingkatkan dan bersifat lebih tertutup.

Pengembangan sistem usaha tani berwawasan lingkungan dalam upaya memperoleh produktivitas yang tinggi secara berkelanjutan (Sutanto, 2002) dilakukan dengan:

- Produktif, dikontrol oleh keragaman sistem
- Memadukan tanaman pohon-pangan-pakan ternak-tanaman spesifik yang lain
- Bahan tercukupi secara swadaya dan memanfaatkan daur energi
- Mempertahankan kesuburan tanah melalui prinsip daur ulang
- Menerapkan teknologi masukan rendah
- Pengelolaan tanah secara mekanik dilakukan pada aras sedang
- Erosi dikontrol secara biologi
- Petak usaha tani dipisahkan menggunakan pagar hidup
- Menggunakan varietas yang tahan terhadap hama dan penyakit
- Pertanaman campuran
- Tanaman toleran terhadap gulma

Dalam rangka mendukung pembangunan pertanian berkelanjutan maka pembangunan pertanian kedepan harus menyeimbangkan antara aspek pemerataan dan aspek lingkungan dalam kegiatan produksi, pengolahan dan pemasaran hasil pertanian. Menurut Pedoman Umum Pelaksanaan Program dan Anggaran Kinerja PPHP (2006) Dalam kaitan ini tiga upaya antisipasi yang diperlukan yaitu :

- Mengembangkan kelembagaari usaha agribisnis yang berbasis kemitraan dalam rangka mendorong pemerataan pendapatan antar pelaku agribisnis,
- Mengembangkan diversifikasi usaha agribisnis dan usaha agribisnis yang kurang berbasis pada pemanfaatan sumberdaya lahan atau *nonland based agribusiness* melalui pengembangan kegiatan pengolahan hasil pertanian dalam rangka meningkatkan lapangan kerja di perdesaan, dan
- Mengaplikasikan teknologi ramah lingkungan dan menginternalkan biaya penanganan lingkungan dalam seluruh kegiatan produksi pertanian terutama di bidang pengolahan hasil pertanian dan kegiatan produksi non pertanian.
-

1.4 Pengelolaan Limbah Pertanian

Limbah Pertanian sebagai Sumber Bahan Organik dan hara Tanah, limbah pertanian termasuk di dalamnya perkebunan dan peternakan seperti jerami, sisa tanaman atau semak, kotoran binatang peliharaan dan yang sejenisnya merupakan sumber bahan organik dan hara tanaman. Limbah tersebut dapat langsung ditempatkan di atas lahan pertanian atau dibenam. Untuk hasil lebih efektif, sebaiknya dilakukan proses pengolahan terlebih dahulu. Menurut Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (2007), pelapukan limbah-limbah tersebut secara alami membutuhkan waktu 3-4 bulan lebih, sehingga upaya pelestarian dengan penggunaan bahan organik pada lahan-lahan pertanian mengalami hambatan. Hal itu akan lebih rumit lagi jika dihadapkan pada masa tanam yang mendesak, sehingga sering dianggap kurang ekonomis dan tidak efisien. Salah satu metode mempercepat pelapukan limbah pertanian agar segera berfungsi dalam perbaikan sifat-sifat tanah dan ketersediaan hara adalah dengan pembuatan kompos.

Menurut Wikipedia (2008) kompos adalah hasil penguraian parsial/tidak lengkap dari campuran bahan-bahan organik yang dapat dipercepat secara artifisial oleh populasi berbagai macam mikroba dalam kondisi lingkungan yang hangat, lembab, dan aerobik atau anaerobik. Sedangkan pengomposan adalah proses dimana bahan organik mengalami penguraian secara biologis, khususnya oleh mikroba-mikroba yang memanfaatkan bahan organik sebagai sumber energi. Membuat kompos adalah mengatur dan mengontrol proses alami tersebut agar kompos dapat terbentuk lebih cepat. Proses ini meliputi membuat campuran bahan yang seimbang, pemberian air yang cukup, pengaturan aerasi, dan penambahan aktivator pengomposan. Sampah terdiri dari dua bagian, yaitu bagian organik dan anorganik. Rata-rata persentase bahan organik sampah mencapai $\pm 80\%$, sehingga pengomposan merupakan alternatif penanganan yang sesuai.

Limbah pertanian yang dapat dijadikan kompos adalah jerami dan sekam padi, gulma, batang dan tongkol jagung, semua bagian vegetatif tanaman, batang pisang dan sabut kelapa. Kompos ibarat multi-vitamin untuk tanah pertanian. Kompos akan meningkatkan kesuburan tanah dan merangsang perakaran yang sehat. Kompos memperbaiki struktur tanah dengan meningkatkan kandungan bahan organik tanah dan

akan meningkatkan kemampuan tanah untuk mempertahankan kandungan air tanah. Aktivitas mikroba tanah yang bermanfaat bagi tanaman akan meningkat dengan penambahan kompos. Aktivitas mikroba ini membantu tanaman untuk menyerap unsur hara dari tanah dan menghasilkan senyawa yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman.

Tanaman yang dipupuk dengan kompos juga cenderung lebih baik kualitasnya daripada tanaman yang dipupuk dengan pupuk kimia, misal: hasil panen lebih tahan disimpan, lebih berat, lebih segar, dan lebih enak. Kompos memiliki banyak manfaat yang ditinjau dari beberapa aspek:

Aspek Ekonomi:

- Menghemat biaya untuk transportasi dan penimbunan limbah
- Mengurangi volume/ukuran limbah
- Memiliki nilai jual yang lebih tinggi dari pada bahan asalnya

Aspek Lingkungan :

- Mengurangi polusi udara karena pembakaran limbah
- Mengurangi kebutuhan lahan untuk penimbunan

Aspek bagi tanah/tanaman:

- Meningkatkan kesuburan tanah
- Memperbaiki struktur dan aerasi tanah
- Meningkatkan kapasitas jerap air tanah
- Meningkatkan aktivitas mikroba tanah
- Meningkatkan kualitas hasil panen (rasa,-nilai gizi, dan jumlah panen)
- Menyediakan hormon dan vitamin bagi tanaman
- Meningkatkan retensi/ketersediaan hara di dalam tanah

Menurut Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (2007), penggunaan bio-aktivator dapat mempercepat proses dekomposisi limbah pertanian menjadi kompos. BioDek, produk yang dihasilkan para peneliti Badan Litbang Pertanian merupakan bio-aktivator perombak bahan organik yang diracik khusus untuk meningkatkan efisiensi dekomposisi residu tanaman pada sistem penumpukan sampah

organik. BioDek berupa konsorsia mikroba perombak selulosa dan lignin dengan fungsi metabolik yang komplementer merombak dan mengubah residu organik menjadi bahan organik tanah, dan menyuburkan tanah. Bentuk produk ini ada dua jenis, yaitu dalam bentuk cair maupun serbuk.

Nilai tambah penggunaan BioDek pada limbah-limbah tersebut sebagai bahan organik pertanian, disamping mampu mengubah lingkungan mikro tanah dan komunitas mikroba menuju peningkatan kualitas tanah dan produktivitas tanaman, juga dapat menurunkan ketergantungan pada pupuk kimia. Selain itu, BioDek mampu meningkatkan produktivitas lahan pertanian dan menambah keuntungan usahatani, serta mendukung pertanian berkelanjutan melalui percepatan pengomposan limbah pertanian, meningkatkan kesehatan lingkungan pada berbagai ekosistem dan ramah lingkungan.

Dampak pemberian BioDek terhadap jerami padi dapat mempercepat proses pengomposan. Hal itu terlihat ketika dilakukan analisa terhadap jerami padi setelah dilakukan pemberian BioDek dapat menurunkan kadar C/N sebesar 16,85 dalam waktu 12 hari. Padahal dalam proses pengomposan secara alami, penurunan kadar C/N tersebut membutuhkan waktu kurang lebih satu bulan. Waktu pengomposan lebih cepat akan mempercepat waktu tanam, sehingga keuntungan usahatani dapat ditingkatkan.

Cara pemakaian BioDek :

- Tambahkan 3 liter BioDek Cair atau 3 kg BioDek serbuk, pada tumpukan 1 ton limbah (pertanian, sampah perkotaan, sampah rumah tangga) secara merata;
- Setelah tumpukan limbah tersebut diberikan BioDek secara merata, lakukan penutupan dengan plastik, kemudian diinkubasi selama 1 bulan. Setiap minggu, di bolak-balik untuk menciptakan aerasi. Penyiraman dilakukan apabila diperlukan.
- Kompos yang sudah matang akan terlihat berwarna hitam kecoklatan, dengan suhu sekitar 30 derajat C dan tidak mengeluarkan bau, yang biasa disebut Biokompos. Biokompos ini siap digunakan sebagai pupuk organik untuk pertanian, pertanaman kota dan halaman rumah.

Sekam yang merupakan limbah pertanian, abunya dapat digunakan untuk meningkatkan ketersediaan P dalam tanah. Hasil penelitian Syekluani dan Sugeng (2000)

menunjukkan bahwa Pemberian abu sekam sebagai sumber silikat pada Andisol dan Oxisol dapat melepaskan fosfor terjerap. Semakin tinggi takaran pemberian abu sekam pada Andisol dan Oxisol maka semakin meningkat pula tingkat pelepasan fosfor terjerap, dengan hasil tertinggi didapati pada pemberian takaran abu sekam 6 ton ha⁻¹ dapat melepaskan 32% terjerap sebesar 25,66% pada Oxisol dan 20,90% pada Andisol.

1.5 Limbah Pertanian Sebagai Pengendalian Penyakit Tanaman

Menurut Aryantha (2002), penggunaan hasil pengolahan limbah pertanian disamping dapat memperbaiki sifat-sifat tanah dan sebagai sumber unsur hara tanah, juga bermanfaat dalam pengendalian penyakit tanaman. Pemakaian kotoran baik yang segar maupun yang sudah difermentasikan telah banyak dilaporkan berhasil untuk menunjang pertumbuhan dan mengendalikan penyakit tanaman. Sebagai contoh, kotoran ayam dapat meningkatkan kesuburan tanah dan sekaligus dapat mengendalikan penyakit busuk akar yang disebabkan oleh *Phytophthora*. Dari hasil penelitian Aryantha *et al.*, (2000), kotoran ayam dan sapi yang dikomposkan selama 5 minggu telah berhasil menyuburkan tanaman *Lupinus albus* sekaligus mengontrol penyakit busuk akar oleh *Phytophthora cinnamomi*.

Penggunaan limbah pertanian seperti kotoran ayam dan sapi berkorelasi positif dengan aktivitas mikroba dan populasi mikroba antagonis (aktinomiset dan bakteri penghasil endospora) dalam tanah. Keragaman jenis mikroba juga tampak paling tinggi pada tanah yang diberi perlakuan dengan kotoran ayam. Kotoran sapi segar juga ditemukan dapat mengendalikan keganasan nematoda (Shapiro *et al.*, 1996).

Schuler *et al.* (1993) melaporkan limbah yang telah dipermentasi juga efektif dalam menunjang pertumbuhan kacang *Pisum sativum* sekaligus mengendalikan penyakit busuk kaki yang disebabkan oleh jamur *Mycosphaerella pinodes*. Hasil yang sama pada tanaman kacang-kacangan juga dilaporkan oleh Pyndji *et al.* (1997) terhadap penyakit yang disebabkan oleh *Rhizoctonia*, *Pythium* dan *Fusarium*.

1.6 Limbah Pertanian Sebagai Mulsa

Dalam budidaya pertanian, beberapa jenis tanaman memerlukan mulsa sebagai penutup tanah agar pertumbuhan dan produksi tanaman dapat dioptimalkan sesuai

dengan potensi genetis tanaman. Mulsa dapat diperoleh dari limbah tanaman seperti jerami, tongkol jagung, rumput, dan yang sejenisnya. Beberapa peneliti melaporkan bahwa mulsa mempunyai banyak fungsi dalam sistem pertanian. Anis *et al*, (2007) melaporkan bahwa penggunaan mulsa jerami pada fase pertumbuhan tanaman -stroberi dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air sebesar 58,65%, yaitu dari 319,87 mm tanpa mulsa menjadi 187,60 mm dengan mulsa jerami. Hal ini akan mempunyai art! dan manfaat yang sangat penting pada lahan kering. Menurut Suhayatun (2006) mulsa dapat menjaga stabilitas suhu tanah sehubungan dengan kemampuannya dalam menahan intensitas sinar matahari di siang hari, dan tetap mempertahankan penurunan suhu tanah di malam hari.

Dari hasil penelitian Elly dan Yogi (2003) diperoleh bahwa pemberian mulsa jerami padi dapat menekan pertumbuhan gulma sebesar 56-66% dan meningkatkan hasil biji kedelai sebesar 77%. Sementara Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (2008) melaporkan dampak penggunaan mulsa terhadap unsur hara yang hilang melalui erosi selama pertanaman jagung seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Dampak penggunaan mulsa dan pupuk kanda terhadap kehilangan unsur hara dan laju erosi tanah

Perlakuan	Erosi (ton/ha/th)	Kehilangan Hara (kg/ha)		
		N	P	K
Kontrol (tanpa rehabilitasi)	93,48	1.065,8	108,5	197,0
Pupuk kandang	19,95	292,2	35,5	68,2
Mulsa jerami	1,96	- 38,4	5,5	8,9
Mulsa mucuna sp	14,19	196,5	29,1	45,2

1.7 Limbah Pertanian Sebagai Sumber Pakan Ternak

Jenis limbah pertanian yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber pakan ternak adalah jerami padi, jerami jagung, jerami kedelai, jerami kacang tanah, pucuk ubi kayu, serta jerami ubi jalar. Menurut Jasmal (2007), potensi dan daya dukung limbah pertanian sebagai pakan ternak ruminansia di Indonesia adalah 51.546.297,3 ton BK. Produksi limbah pertanian terbesar adalah jerami padi (85,81%), diikuti oleh jerami jagung (5,84%), jerami kacang tanah (2,84%), jerami kedelai (2,54%), pucuk ubi kayu (2,29%) dan jerami ubi jalar (0,68%). Lebih lanjut dijelaskan bahwa dengan populasi ternak ruminansia sebesar 11.995.340 ST, maka daya dukung limbah pertanian masih diatas kebutuhan populasi tersebut dan memungkinkan penambahan 'populasi ternak ruminansia di Indonesia sebesar 2.755.437,1 ST atau dapat ditingkatkan sebesar 18,68% dari populasi yang ada.

Penelitian tentang manfaat limbah pertanian untuk pakan ternak juga telah dilakukan di lahan kering. Menurut Supriadi dan Soeharsono (2008), limbah pertanian yang umum disimpan sebagai pakan ternak di musim kering adalah jerami padi, jerami kacang tanah, jerami kedelai dengan cara di keringkan. Pengeringan rata-rata 3-4 hari jemur matahari langsung, kemudian disimpan di para-para kandang atau dibuatkan khusus kandang pakan sebagai lumbung pakan.

Selain digunakan sebagai pakan ternak ruminansia, limbah pertanian juga dapat dijadikan sumber pakan berbagai jenis unggas melalui teknologi fermentasi substrat limbah (Anonimus, 2008a). Teknologi tersebut meliputi jenis substrat yang difermentasi; tahapan, proses, dan perlakuan-perlakuan atau kondisi yang dibutuhkan selama fermentasi; mikroorganisme penghasil enzim yang sesuai untuk fermentasi substrat tertentu; dan sebagainya. Ditekankan bahwa teknologi fermentasi tersebut ditujukan untuk menurunkan kadar serat yang tinggi pada substrat padat sementara di pihak lain terjadi peningkatan nilai nutrisi bahan terfermentasi. Hal ini dapat dilakukan dengan penggunaan mikroorganisme penghasil enzim untuk memecah serat kasar dan meningkatkan kadar protein. Bahan yang difermentasi biasanya substrat padat limbah pertanian.

1.8 Limbah Pertanian sebagai Bahan Kerajinan

Limbah pertanian yang dapat digunakan sebagai bahan kerajinan adalah batang pisang, alang-alang, dan beberapa jenis rumput. Didixz (2008) menjelaskan prosedur penggunaan batang pisang untuk dijadikan kertas, yaitu setelah mengalami proses pengeringan dan pengolahan lebih lanjut, proses pembuatan kertas dari bahan batang pisang pertama-tama yang harus dilakukan adalah, batang pisang tadi dipotong kecil-kecil dengan ukuran berkisar 25 cm. lalu di jemur di bawah terik matahari hingga kering. Setelah batang pisang kering, kemudian direbus sampai lunak. Pada proses perebusan perlu ditambah formalin atau kostik soda untuk mempercepat proses pelunasan dan menghilangkan getah-getah yang masih menempel. Batang pisang yang sudah lunak. dibe-rsihkan dari zat-zat kimia kemudian dibuat bubur -(pulp) dengan cara di blender kemudian dicetak menjadi lembaran-lembaran kertas. Beberapa contoh bentuk kerajinan yang bahan bakunya bersumber dari limbah pertanian disajikan pada Gambar 3.1.



Gambar. Contoh produk dari limbah pertanian.

1.9 Limbab Pertanian sebagai Sumber Energi

Tingginya harga minyak dunia dan rendahnya kemampuan masyarakat khususnya masyarakat petani di pedesaan dalam membeli minyak tanah sebagai sumber energi merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi penggunaan biomassa berupa limbah pertanian sebagai bahan bakar pengganti minyak tanah dan

gas. Menurut Juankhan (2008), Pemanfaatan energi biomassa sudah sejak lama dilakukan dan termasuk energi tertua yang peranannya sangat besar khususnya di perdesaan. Diperkirakan kira-kira 35% dari total konsumsi energi nasional berasal dari biomassa. Energi yang dihasilkan telah digunakan untuk berbagai tujuan antara lain untuk kebutuhan rumah tangga (memasak dan industri rumah tangga), penggerak mesin penggiling padi, pengering hasil pertanian dan industri kayu, pembangkit listrik pada industri kayu dan gula. Disamping sebagai bahan bakar, limbah pertanian seperti kotoran hewan dapat dimanfaatkan sebagai biogas.

Limbah pertanian merupakan produk sampingan yang tidak dapat dilepaskan dari sistem pertanian. Limbah pertanian yang tidak ditangani dengan baik dapat menimbulkan dampak negatif baik pada lahan pertanian itu sendiri maupun berpengaruh terhadap lingkungan yang lebih luas seperti pemanasan global dan perubahan iklim. Sebaliknya pemanfaatan limbah pertanian yang optimal dapat memberikan kontribusi terhadap peningkatan pendapatan petani dan perbaikan kualitas lahan pertanian sehingga dapat digunakan secara berkesinambungan. Limbah pertanian dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik atau kompos yang dapat digunakan untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, serta dapat dipakai untuk menurunkan serangan beberapa penyakit tanaman. Disamping itu, limbah pertanian juga dapat digunakan sebagai mulsa, pakan ternak > sumber energi (kayu **bakar** dan biogas), dan bahan kerajinan.

BAB. II

PEMANFAATAN LIMBAH PERTANIAN

UNTUK GASBIO

Penduduk desa sebagian besar menggunakan kayu sebagai bahan bakar utama mereka. Demikian pula halnya pedesaan disekitar /daerah perkebunan. Kayu-kayu itu habis dibakar terutama untuk memasak dan pemanasan, bahkan kadang-kadang juga untuk penerangan. Mereka belum dapat/mengetahui cara memanfaatkan sumber di sekitarnya sebagai sumber energi, selain kayu. Tentu saja mereka dapat menggunakan minyak tanah. Tetapi harus dibeli. Dan untuk tingkat kehidupan di daerah pedesaan sekitar perkebunan, yang hampir selalu terpencil letaknya, minyak tanah bukanlah merupakan keperluan yang mudah diperoleh .

Maka hampir setiap hari mereka pergi ke "hutan" untuk mengambil kayu. Mula-mula memang mereka sekedar mencari "rencek" dan kayu yang tidak dapat diharapkan hasilnya dari segi lain. Tetapi karena hampir seluruh penduduk dan hampir setiap hari mereka memerlukan kayu sebagai satu-satunya energi yang mereka kenal disekitarnya, akhirnya tindakan mereka membahayakan juga. Baik secara langsung berupa perusakan kebun ataupun secara tak langsung berupa perusakan kelestarian lingkungan. Tanah menjadi gundul dan mudah mengalami erosi, persediaan air sepanjang tahun menjadi terganggu, banjir di musim hujan, dan sebagainya. Padahal sebenarnya dalam kehidupan di lingkungan pedesaan mereka sumber tersedia energi yang hampir tak pernah habis. Yaitu bila mereka telah dapat memanfaatkan penggunaan energicahaya matahari, penggunaan sisa-sisa organik sebagai bricket atau diproses menjadi gas bio.

17

Di antara beberapa alternatif pemanfaatan sumber energidi sekitarnya, yang relatif menguntungkan ialah proses biogas. Karena dalam proses biogas selain diperoleh energi juga diperoleh pupuk organik yang dapat dimanfaatkan kembali, di "recycling" ke dalam tanah. Pada uraian berikut akan dibicarakan tentang cara

pengoperasian biogas di pedesaan. Dalam usaha ini mutlak diperlukan kotoran hewan atau kotoran manusia. Minimal kotoran manusia tentu bukan merupakan permasalahan untuk mendapatkannya. Sedangkan kotoran hewan, nampaknya juga tidaklah terlalu sulit. Karena penduduk pedesaan pada umumnya sudah amat kenal dengan pemeliharaan ternak di rumah-rumah mereka.

2.1 Gas-bio

Gas-bio adalah gas yang dihasilkan dengan proses *biologik*. Bahan dasar untuk diubah menjadi gas secara biologik ini adalah sembarang bahan organik, termasuk bahan sisa (limbah). Gas yang terbentuk terdiri dari sebagian gas metan. Gas metan sendiri bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau. Bau gas-bio ditimbulkan oleh komponen lainnya. Tabel 15 di bawah ini menunjukkan komposisi rata-rata gas-bio. Yang berperan utama dalam proses produksi biogas ini ialah bakteri. Limbah yang dapat diubah menjadi biogas hampir tak terbatas. Polimer karbohidrat seperti

Tabel 15. Komposisi rata-rata gas-bio

Komponen	Persentase
CH ₄	54 - 70
CO ₂	27 - 40
H ₂	1 - 10
N ₂	0,5 - 3
H ₂ S	1
CO	0,1
O ₂ , NH ₃	sedikit

selulosa, atau protein maupun lemak dapat dirombak menjadi biogas. Proses perombakannya melalui dua tahap, masing-masing dikerjakan oleh kelompok bakteri yang berbeda. Tahap pertama terjadi perombakan polimer kompleks menjadi senyawa sederhana, terutama asam organik. Oleh karenanya kelompok bakteri tahap pertama ini disebut sebagai bakteri penghasil asam ("acid producing bacteria"). Tahap kedua merupakan kelanjutan tahap pertama terjadi perombakan asam-asam organik menjadi gas bio. Maka kelompok bakteri yang bekerja pada tahap kedua inilah yang sesungguhnya disebut kelompok bakteri metan ("methane producing bacteria") Di bawah ini adalah beberapa bakteri penghasil gas metan, yaitu:

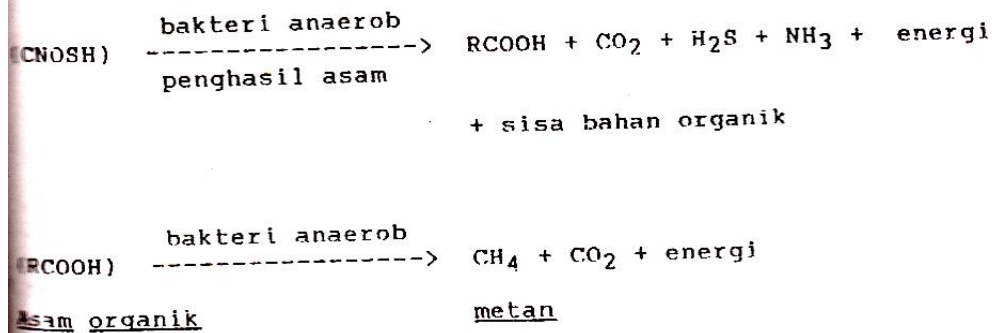
Bakteri bentuk batang

- Bakteri batang tak berspora:
 - *Methanobacterium formicum*, menggunakan asam format
 - *M. propionicum*, memetabolisasikan asam propionat
 - *M. sohngei*, memanfaatkan asam asetat, asam butirat
 - *M. suboxydans*, mengkonsumsi asam-asam butirat, valerat dan kaproat
- Bakteri batang berspora:
 - *Methanobacillus omelianskii*, mengkonsumsi alkohol

Bakteri bentuk spherulal :

- *Methanococcus mazei*, mengkonsumsi asam asetat, asam butirat
- *M. vannieli*, mengkonsumsi asam format
- *Methanosarcina barkeri*, mengkonsumsi asam asetat, metanol
- *M. methanica*, mengkonsumsi asam asetat, asam butirat

Reaksi perombakannya adalah sebagai berikut:



Dalam proses perombakannya, tidak seluruhnya bahan terombak sempurna . Bahan-bahan seperti lignin amat mengganggu perombakan. Lagi pula bahan yang dapat terombakpun tidak seluruh senyawa terombak total. Masih ada sisa senyawa dari bahan organik yang dapat terobak (digestible matter). Tetapi sisa senyaw ini telah menjadi senyawa sederhana, dapat dimanfaatkan sebagai pupuk. Bagian senyawa yang terombak menjadi gas ialah senyawa C (karbon), yang terutama berasal dari karbohidrat. Berarti hampir seluruh senyawa N dalam limbah tinggal sebagai sisa atau terubah menjadi sel. Maka dapat dipergunakan sebagai pupuk sumber N. hasl gas yang diperoleh amat tergantung atas keadaan dan macam limbah. Hasil rata-rata dari beberapa data menunjukkan bahwa dari tiap kg bahan organik dapat dihasilkan 0,8-1 m³ gas bio. Nilai bakar gas bio ialah 540-700 BTU/ft³ atau 4,8-6,2 kkal/liter. Setiap 1000 ft³ gas bio ekuivalen dengan kira-kira 24 liter bensin. Kesetaraan lain dari gas bio adalah 1 m³gas bio setara dengan :

- * kira-kira 360 - 600 watt.jam
- * kira-kira 2 HP (tenapa kuda)
- * tenaga untuk menggerakkan mobil seberat 3 ton sejauh 2,8 km.
- Bahan Dasar untuk Proses Gas-bio

Hampir sembarang limbah organik dapat digunakan untuk perbuatan gas bio. Pada prinsipnya limbah sebagai bahan dasar proses biogas dibagi menjadi 3 kelompok yaitu :

- Limbah pertanian/perkebunan.

Limbah pertanian/perkebunan amat mudah diperoleh dan teredia dalam jumlah yang relatif amat banyak. Tetapi ada ketidak untungannya, yaitu bahwa limbah pertanian/perkebunan biasanya "rowa", sukar dilumatkan untuk dibuat "slurry", dan pada umumnya mengandung lignin yang tak dapat dicerna. Sehingga kalau digunakan sebagai bahan proses biogas, harus setiap kali membersihkan dari digester (pencerna). Maka untuk menggunakan limbah pertanian/perkebunan sebagai bahan dasar biogas ada 3 alternatif dapat dilakukan, yaitu :

- dipilih bahan-bahan yang banyak mengandung air, lalu dipreskemudian cairannya dicerna menjadi biogas.
- pilih bahan-bahan yang tldak mengandung lignin.
- dilakukan perombakan pendahuluan secara aerob, baru kemudian diproses menjadi gas bio.

Kekuranganlain dari pemanfaatan limbah pertanian/perkebunan ialahpada umumnya miskin akan nitrogen, sehingga perlu ditambahsumber N, seperti akan dibicarakan dalam pembahasan tentang nutrien.

- Kotoran hewan.

Bahan ini paling banyak dan cocok digunakan untuk proses biogas. Kandungan N cukup tinggl, mudah dicampur menjadi slurry dan memungkinkan diproses secara kontinyu, yaitu dengan perencanaan khusus untuk kandang.

Di antara berbagai kotoran hewan, kotoran ayam adalah yang paling cocok untuk diproses menjadi biogas. Karena amat mudah dicerna dan menghasilkan gas dalam jumlah yang besar, dan sisanya merupakan pupuk yang amat kaya akan nitrogen

- Kotoran manusia.

Bahan ini juga amat baik untuk digunakan dalam proses biogas, Tetapi ada hambatan psikologis dalam operasinya. Maka dalam pelaksanaannya perlu dirancang peralatan yang memudahkan kerja kontinyu, tanpa terlalu banyak dipindah-pindahkan secara terbuka. Salah satunya ialah penggunaan bahan penampung tinja yang kenampakannya seperti plastik tetapi nantinya dapat larut dalam air setelah terendam dalam waktu cukup lama, atau plastik itu sendiri juga dapat dicerna oleh bakteri-bakteri metan.

Masih ada kelompok limbah lain yang dapat digunakan, yaitu limbah akibat kegiatan manusia yang tidak termasuk dalam adan b. Yaitu 3limbah rumah tangga berupa sisa-sisa makanan, sisa memasak, kertas-kertas bungkus, dsb. dan limbah perusahaan pengolahan hasil pertanian.

- **Peralatan biogas**

Pada prinsipnya hanya ada dua bagian peralatan biogas, yaitu alat digester (pencerna) dan alat penampung gas, Alat pencernaada berbagai jenis, antara lain jenis drum, jenis bak dan jenis ban. Pada tulisan ini hanya akan dibicarakan jenis drum dan jenis bak saja.

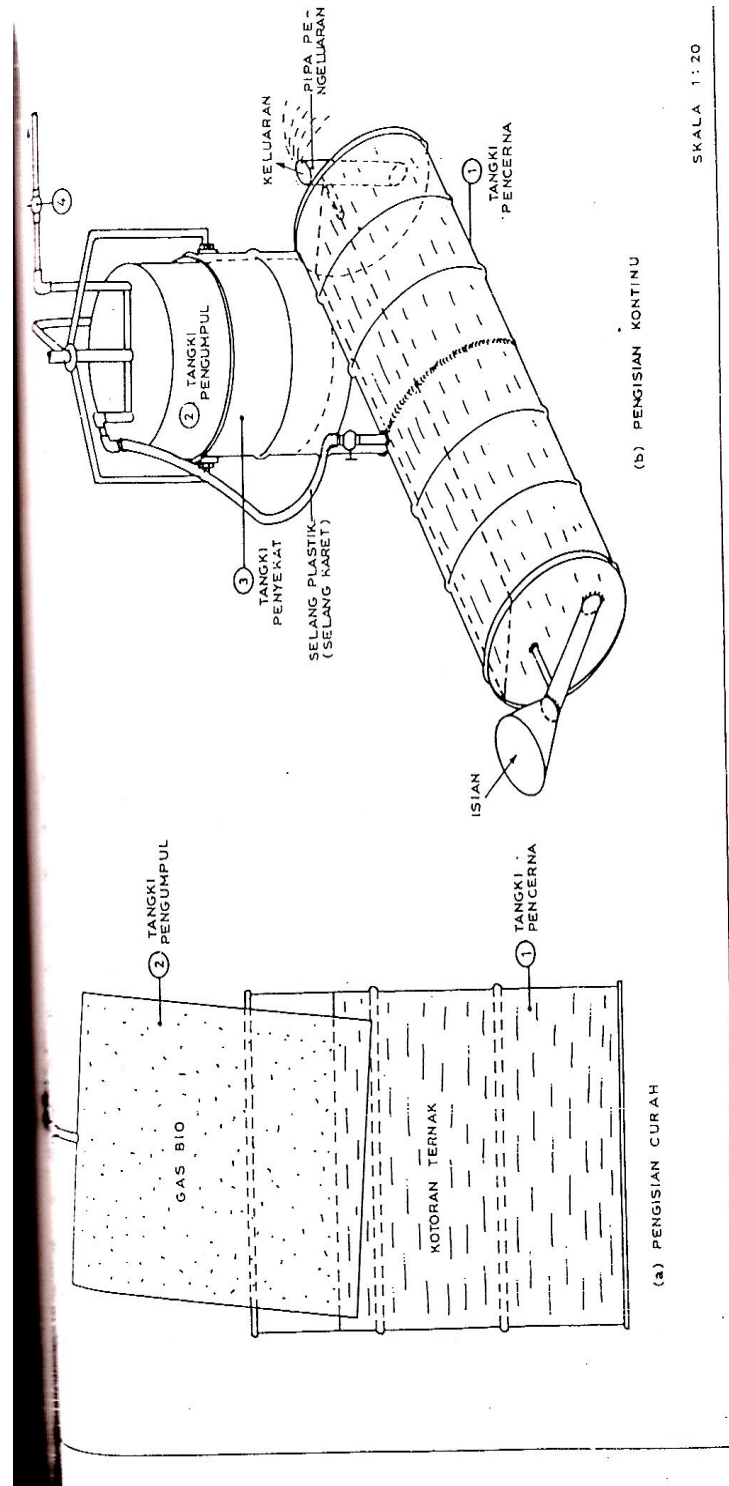
Alat penghasil gas-bio biasanya dibedakan berdasarkan cara pengisian bahan bakunya, yaitu:

- **pengisian-curah**

Alat penghasil gas-bio jenis pengisian curah lunjukkan pada gamhar l(a). Alat ini terdiri dari duaKomponen utama yaitu : 1) tangki pencerna; dan 2) tangki pengumpulan gas (lihat gambar 1 (a)), jenis ini disebut pengisian curah karena isian bahan baku untuk alat ini diisikan sekaligus dalam jumlah curaj (bulk) kedalam tengki pencerna; kemudian tangki-pengumpulan-gas ditelungkupkan kedalam tangki-pencerna seperti ditunjukkan pada gambar 1 (a). sesudah jangka waktu tertentu, isian dalam tangki pencerna mulai mengalami pencernaan (digestion) dan gas-bio mulai dihasilkan. Jelaslah bahwa jenis pengisian-curah, proses pengisian dilakukan sekaligus dan pencernaan berlangsung hingga semua bahan telah diisikan terpakai habis, artinya tidak menghasilkan gas-bio dalam jumlah yang berarli lagi. Jika produksi gas sudah berhenti, kemudian semua komponen alat dibersihkan, terutama bagian dalamnya. Demikianlah selanjutnya, siklus kerja alat seperti telah diuraikan diatas diulangi. Jadi tangki-pencerna diisi lagi, tangki pengumpula-gas ditelungkupkan diatasnya dan seterusnya.

- **Pengisian Kontingu**

Gambar b memperlihatkan alat penghasil gas-bio jenis pengisian-kontinyu, yang terdiri dari 1) tangki-pencerna yang



Gambar 25. Jenis penghasil gas-bio

dilengkapi dengan pipa-pemasukan dan pipa-pengeluaran, dan 2) tangki-pengumpul gas yang akan ditelungkupkan kedalam sebuah rangkai penyekat 3). Pada mulanya

bahan baku isian dimasukkan kedalam tangki-pencerna melalui pipa pemasukan. Pengisian mula ini dilakukan hingga tangki-pencerna terisi setinggi ujung-pipa-pengeluaran. Alat ini dibiarkan dalam keadaan terisi untuk tiga hingga empat minggu, hingga di dalam tangki-pencerna mulai dihasilkan gas. Jumlah gas yang dihasilkan, sejak saat mulai terbentuk, akan terus bertambah setiap harinya hingga dicapai produksi gas maksimum. Bila tahap ini dicapai, produksi gas akan mulai berkurang dan perlu dilakukan pengisian bahan baku secara teratur melalui pipa-pemasukan. Pengisian bahan-baku segar ini selanjutnya dilakukan setiap hari dengan jumlah komposisi tertentu. Bahan baku segar diisikan tersebut setiap harinya akan mendorong bahan isian yang telah dicerna keluar dari tangki-pencerna melalui pipa pengeluaran. Keluaran ini biasanya ditampung karena berguna, umpamanya, sebagai pupuk tanaman. Pengisian alat setiap hari memungkinkan penghasil gas-bio menghasilkan gas secara kontinyu, jadi disebut jenis pengisian kontinyu. Bedanya dengan jenis pengisian-surah adalah tidak perlu dibongkar untuk mengeluarkan isian yang sudah dicerna. Pada jenis pengisian-kontinu, bahan isian yang telah dicerna didorong keluar setiap hari oleh isian bahan segar. Gas yang dihasilkan dalam tangki pencernaan kemudian dialirkan kedalam tangki-pengumpul. Gas tidak dapat lolos keluar karena disekat terhadap udara luar oleh ari yang terisi dalam tangki penyekat. Lama kelamaan oleh karena jumlah gas dihasilkan bertambah, maka tangki-pengumpul akan terdorong ke atas. Dalam keadaan ini gas-bio dapat dialirkan dengan membuka katup 4) (Gambar b) untuk kemudian dipakai .

Langkah-langkah yang perlu dilakukan sebagai berikut:

Perhatikan bahwa pada penghasil gas-bio jenis pengisian-curah (lihat gambar a) tidak digunakan tangki-penyekat, karena bagi jenis ini tangki-pencerna sekaligus berfungsi sebagai tangki-penyekat. Oleh karena itu, pada umumnya jenis pengisian-curah lebih murah harganya, karena mempunyai komponen yang lebih sedikit. Kelemahannya adalah dalam pengerjaan alat, karena harus dibongkar dan dibersihkan sesudah dipakai selama suatu jangka waktu tertentu. Pengerjaan alat tidak kontinu. Disamping itu, jenis pengisian-curah biasanya perlu dipanaskan dengan proses

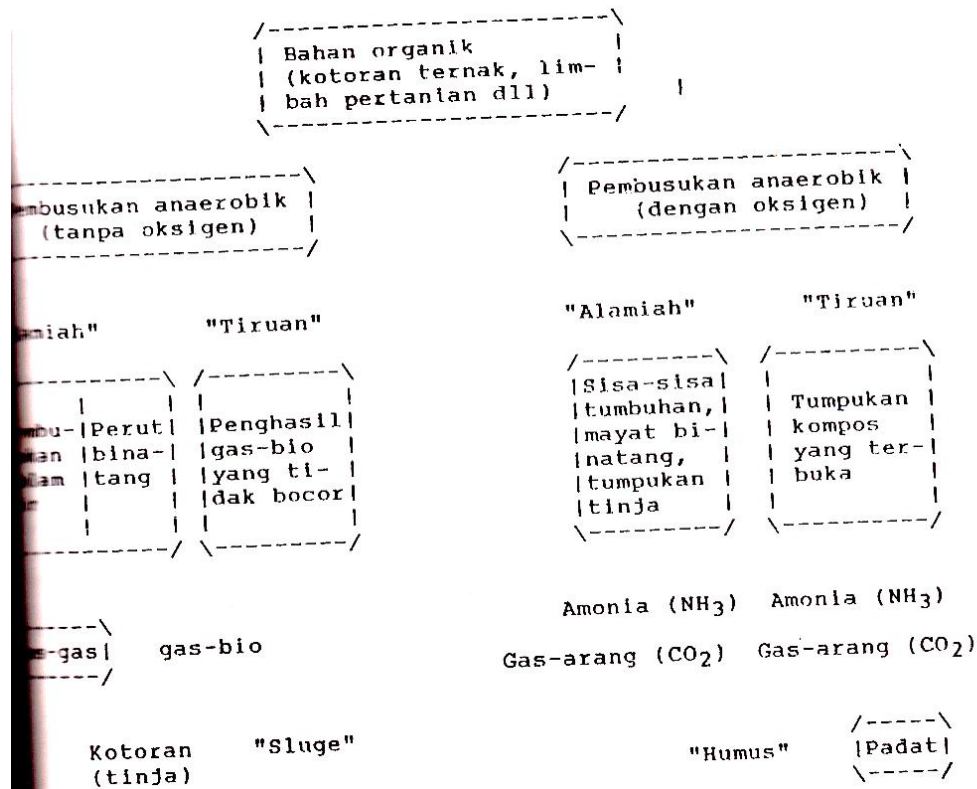
kompas yang beraksi eksotermik dengan menumpukkan kotoran disekelilingi tangki-pencerna (untuk proses kompas). Jenis pengisian-kontinu lebih mudah pemakaiannya, tetap umumnya lebih mahal harganya dari jenis pengisian curah. Suatu hal yang sama bagi kedua jenis alat ini penghasil gas bio tersebut diatas, adalah bahwa tangki-pencerna dan tangki-pengumpul tidak boleh bocor, harus disekat secara ketat dari udara luar. Jika ada kebocoran maka alat penghasil gas-bio tidak akan berfungsi seperti yang diharapkan.

Proses di dalam Tangki Pencerna

Apabila bahan organik membusuk maka akan dihasilkan hasil-hasil sampingan. Hasil sampingan yang diperoleh bergantung kepada kondisi dan cara pembusukan. Pembusukan dapat terjadi secara aerobik (membutuhkan oksigen) atau secara anaerobik (tidak membutuhkan oksigen). Setiap bahan organik dapat dirombak dengan kedua cara tersebut, tetapi hasil akhirnya akan berbeda 3 (lihat Bagan 1). Pada Bagan tersebut terlihat bahwa proses anaerobik dapat ditiru dan dipercepat dengan mengisikan bahan organik, kotoran (tinja) khew atau limbah (sisa) pertanian kedalam tangki-pencerna yang tidak bocor terhadap udara luar. Proses aerobik tidak dibahas lebih lanjut disini, karena proses anaerobik yang menjadi pusat perhatian untuk menghasilkan gas-bio.

Apa yang disebut sebagai isian bahan baku bagi alat penghasil gas-bio tidak lain adalah campuran kotoran khewan dan air. Seperti telah dikemukakan juga terlebih dahulu, kini sedang dicoba untuk menjalankan alat penghasil gas-bio yang bukan saja dengan campuran kotoran khewan dan air, tetapi juga dengan limbah pertanian. Hal yang disebut terakhir ini kini masih dalam taraf pengembangan, karena masih ditemuinya masalah-masalah yang menghambat pengerjaan alat penghasil gas-bio yang diisikan campuran kotoran khewan dan air. Pada jenis kontinu, isian berupa campuran kotoran khewan segar dan air, dimasukkan setiap hari melalui pipa pemasukan (lihat gambar b) dan mendorong isian yang diisikan sebelumnya dan telah mulai dicerna oleh bakteri mikroba dan mikroba-mikroba lainnya. Setiap isian akan

bergerak sepanjang tangki pencerna hingga pada suatu penampang bakteri metan mulai bekerja



Bagan 1. Proses pembusukan dari bahan organik

Secara aktif. Pada penampang ini gelembung-gelembung gas terdorong ke permukaan dimana gas kemudian terkumpul. Gas yang dihasilkan tersebut adalah gas-bio, yang sifatnya hampir serupa dengan gas-alam, sehingga dapat langsung dibakar untuk menghasilkan panas atau cahaya, atau dikumpulkan untuk pemakaian saat kemudian, atau digunakan dalam motor penghasil daya berguna.

Pencernaan berlangsung perlahan kearah ujung kanan tangki-pencerna (Gambar b), yaitu kearah pipa pengeluaran. cukup jauh dari tempat isian masuk, yaitu kearah pipa pengeluaran, bahan dalam tangki-pencerna mulai terpisah secara jelas ke dalam lapisan-lapisan yang diuraikan dalam bagan 2. Di dasat tangki-pencerna ditemui padat anorganik termasuk pasir. Padat dalam isian yang

sudah dicerna, merupakan bagian dari lumpur-keluaran (slurry). Padat yang semula terdapat dalam kotoran hewan, setelah mengalami proses pencernaan tinggal hanya kira-kira 40 persen dari volumenya semula dalam kotoran segar.

Fase	Lapisan	Daya guna
Gas	Gas-bio	Gas yang dapat dibakar
	"Scum" (kerak)	Pupuk, pengisolasi
Cair	"Supernatant" (beningan)	Air irigasi
	Padat dalam isian yang telah dicerna (keluaran)	Pupuk
Padat	Padat anorganik termasuk pasir	

Bagan 2. Lapisan-lapisan dalam tangki-pencerna

Keluaran dari penghasil gas-bio, baik berbentuk cair maupun kering, dapat dipakai sebagai pupuk untuk tanaman darat atau air. "Supernatant" adalah cairan dalam istan yang telah mengalami proses pencernaan. Penggunaan "supernatant" sebagai pupuk sama baiknya seperti keluaran padat, karena padat larut didalam supernatant tersebut sehingga membentuk lumpur-keluaran.

"Scum" adalah campuran serat-serat kasar, yang tersisa dari cairan dan gas yang semula terkandung dalam kotoran segar. Penumpukan "scum" serta pembersihannya merupakan masalah utama yang mengganggu penggunaan alat penghasil gas-bio. Dalam jumlah kecil, "scum" berkelakuan sebagai isolator, tetapi dalam jumlah yang banyak, "scum" dapat menyumbat alat menghasilkan gas-bio hingga tidak dapat bekerja lagi.

Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Produksi Gas-bio

- Kebutuhan nutrien

Seperti halnya mikrobia umumnya, bakteri metan memerlukan nutrien untuk hidupnya, meliputi unsur-2 C, N dan beserta mineral. Karbon merupakan unsur penting dalam fermentasi ini, karena selain untuk keperluan pertumbuhan sel juga menjadi bahan utama untuk diubah menjadi gas metan (CH_4). Secara umum, kebutuhan nutrien untuk Eermentasi metan dinyatakan dengan C/N ratio, yang njlai optlmutnnya ialah antara 20-30. Jika kurang, berarti terlalu kaya akan N, maka produksi gas sedikit karena kurang C untuk dikonversi menjadi metan. Sebaliknya jika terlalu tlnggi, berarti kurang N, pertumbuhan mikrobia kurang mencukupi untuk memproduksi gas metan. Sedangkan kebutuhan P diperkirakan 1/10 sampai 1/5 dari kadar N. maka jika komposisi media memiliki komposisi C:N:P = 100:4:0,5 kiranya memenuhi syarat nutrien yang dikehendaki.

Bahan sisa	N (% berat kering)	C/N ratio
Air kencing hewan	16	0,8
Darah hewan	12	3,5
Tepung tulang	-	3,5
Sisa-sisa ikan	-	5,1
Kotoran manusia	16	6-10
Kotoran babi	3,8	6,1
Kotoran ayam	6,3	7,2
Kotoran kuda	2,3	25
Kotoran sapi	1,7	18
Tepung biji kapuk	-	5
Tepung kulit kacang tanah	-	36
Rumput kering	4	12
Rumput laut	-	1,9
Jerami 'oats'	1,1	48
Jerami gandum	0,5	150
Ampas tebu	0,3	150
Serbuk gergaji	0,1	200-500

Dibawah ini daftart C/N ratio beberapa bahan sisa

Oleh sebab itu, bahan-bahan isian yang berbeda akan menghasilkan jumlah gas-bio yang berbeda pula. Pada penelitian yang telah dilakukan, bahan organik yang

dipergunakan adalah kotoran sapi. Analisis kotoran sapi dan keluaran pada penelitian tersebut menunjukkan komposisi seperti diberikan dalam tabel dibawah.

Tabel 16. Komposisi kotoran sapi dan keluaran

Unsur	Kotoran Sapi (%)	Keluaran (%)
Bahan kering (total solid, TS)	16,2	8,3
Volatile Solid, VS	11,98	6,09
Fixed Solid, PS	4,22	2,21
Nitrogen total, N	2,1	1,7
Karbon, C	41,0	40,7
Perbandingan C/N	19,5	23,9

Bahan baku dalam bentuk selulosa, mudah dicerna oleh bakteri anaerobik. Tetapi bila banyak mengandung zat kayu (lignin) pencernaan menjadi sukar (Jerami umpamanya, adalah bahan yang mengandung zat kayu) Bahan yang sukar dicerna ini akan terapung pada permukaan cairan dan membentuk lapisan "kerak" (Scum). Sedangkan bahan yang sudah selesai dicerna akan turun ke dasar tangki-pencerna (lihat Bagan 2). Lapisan-lapisan dalam tangki pencerna). Terbentuknya lapisan kerak di atas akan menghambat lajunya produksi gas-bio.

Dalam prakteknya, untuk mencapai komposisi nutrisi yang ideal, bahan sisa yang memiliki C/N ratio tinggi dicampurkan dengan bahan lain dengan C/N ratio yang tinggi. Perihal kebutuhan P dan mineral, dikatakan bahwa sejauh pencampuran untuk memperkaya N tersebut digunakan kotoran binatang dan mencapai C/N ratio 20, kebutuhan P dan mineral akan dengan sendirinya terpenuhi.

- Retention rate

Dalam pelaksanaan digesti limbah untuk produksi gas-bio dapat dikerjakan secara 'batch' atau secara 'continuous'. 'Retention time' didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan limbah untuk tinggal (mengalami inkubasi) dalam digester. Dalam sistem 'continuous',

$$RT = \frac{\text{Volume Digester}}{\text{Kecepatan Feeding}}$$

RT dipengaruhi oleh mudah tidaknya senyawa komponen limbah dirombak. Limbah cair yang mengandung senyawa BM rendah (terutama yang larut), memerlukan HT lebih pendek dibandingkan dengan limbah padat.

Volume tangki dan kecepatan feeding merupakan faktor utama. Makin kecil RT-nya --> makin kecil pula digesternya, ini akan menguntungkan karena lebih murah pengadaan dan pemeliharaannya, Tetapi RT yang terlalu kecil dapat mengakibatkan terhentinya proses, sebab sebelum bakteri metan sempat memperbanyak diri dengan jumlah memadai (2-4 hari) sudah tergusur keluar digester karena derasnya pengisian (feeding).

Untuk sekedar menjinakkan polusi, diperlukan waktu minimum (RT optimum) untuk sekedar merombak limbah menjadi gas tanpa terjadinya gangguan stabilitas proses. Tetap untuk kepastian efisiensi produksi energi, RT optimum ditentukan dalam hubungannya dengan produksi gas bio optimal, di mana kecepatan feedingnya dipengaruhi oleh komposisi kimia limbah dan suhu digesti. Biasanya berkisar antara 3-30 hari. Bila digunakan bakteri mesofilik perlu waktu kira-kira 10-15 hari, sedangkan untuk bakteri termofilik diperlukan 3-6 hari.

- Loading rate

Ialah kecepatan pengisian substrat (bahan organik limbah) ke dalam tangki digester. Ada beberapa parameter loading rate, yang terpenting ialah 'organic loading rate', yang menyatakan besarnya bahan padat organik dalam limbah yang diumpankan untuk setiap satuan volume digester per hari. Sampah kota, dengan menggunakan bakteri mesofilik, 'organic loading rate' yang direkomendasikan antara 0,46-1,6 kg (bahan organik sampah)/m³ digester/hari. Sedangkan untuk sampah buahan dan sayuran atau kotoran hewan (di mana kadar bahan organiknya tinggi) dapat mencapai 4 kg/m³/hari.

Jika terjadi 'overloads' akan menyebabkan tidak setimbangnya reaksi perombakan limbah menjadi asam dan perombakan asam menjadi gas metan. Akibatnya akan terjadi akumulasi H^+ sehingga pH turun ---> bakteri metan terhamat.

Kadar bahan organik limbah merupakan faktor yang penting, karena hanya bahan organik saja lah yang dapat dirombak menjadi gas metan. Di bawah ini contoh perhitungan Sederhana produksl gasblo atas pert imbangan kadar bahan oraniknya.

Bila suatu keluarga petani yang terdiri dari limbah ternak, kebun sayur dan buah, serta keglatan rumah-tangga menghasilkan 10 kg limbah kering dengan kadar bahan organik sebesar 40%, maka petani tersebut dapat roerproduksi gaablo ^{la} sebesar $40\% \times 10 \text{ kg/hari} = 4 \text{ kg gas bio per hari}$. Jika tiap kggas bio memiliki volume 30 cu.ft, maka tiap harinya petani tersebut dapat menghasilkan gasbio sebesar 370 cu.ft per hari, di samping didapatkan pupuk sebagai sisa proses gasbio, sebesar 6 kg pupuk kering per hari

- Temperatur

Perkembangbiakan bakteri sangat dipengaruhi oleh temperatur , Pencernaan anaeroblk dapat berlangsung pada kisaran 5 C sampai 55 C. Temperatur yang lebih tinggi akan memberikan gas-bio yang lebih banyak pula. Namun pada temperatur yang terlalutinggi, bakteri-bakteri mudah matioleh perubahan temperatur. Pada pengerjaan hasil gas-bio lalu harus dijaga agar temperatur bahan didalam tangki-pencerna tetap. Dengan menggunakan bakteri mesofilik, temperatur digesti sekitar 30 C, sedangkan denqan bakteri termfilik antara 40-55⁰C. Makin tinggi suhu digestinya, makincepat proses digesti, sehingga makin pendek 'retention time'-nya .

- pH dan alkalinitas

Derajat keasaman suatu cairan ditentukan dengan mengukur pH-nya. pH dapat diukur denqan menggunakan pH-meter. Pada awal pencernaan, pH bahan yang terisi dalam tangki pencernaan dapat turun sekitar g. ini merupakan akibat dari [encernaan bahan organik oleh bakteri aerobik. Sesudah perkembangbiakan bakteri pembentukan metan pH mulai naik. Bakteri anaerobik bekerja paling giat pada keadaan

pH antara 6,8 sampai 8, pada kisaran mana akan diberikan hasil pencernaan yang optimum tartinya, laju produksi gas-bio yang optimum). Stabilitas proses fermentasi metan (anaerobik) juga peka terhadap pH 'slurry'. Sedemikian jauh belum dikenal bakteri pengubah asam menjadi metan yang asidofilik, dan fermentasi metan hanya berlangsung baik pada rentangan pH antara 6,8-7,2.

Jika pH turun dibawah 6,8 misalnya karena overload, akan terjadi penghambatan proses pengubahan senyawa asam bekerja, sehingga penurunan pH makin berkelanjutan. Hal ini dapat menghentikan proses sama-sekali jika perubahan pH tidak segera dikoreksi. Jika pH sudah mulai turun sampai dibawah 6,9 sebaiknya dilakukan usaha untuk mencegah terhentinya proses. Usaha tersebut ialah dengan menghentikan feeding, menambahkan alkali misalnya Na-bikarbonat, dan jika perlu mengistirahatkannya untuk beberapa hari (bahkan minggu) sebelum memulai lagi feeding dengan kecepatan rendah. Feeding hanya boleh dilakukan jika proses sudah nampak normal kembali. Oleh karenanya selama istirahat harus tetap dimonitor pH dan produksi gasnya.

Alkalinitas ialah kemampuan slurry untuk melakukan penyanggaan ('buffering') atas kemungkinan terjadinya fluktuasi pH, yaitu dengan menyerap kelebihan produksi asam sebelum diubah menjadi metan. Penyanggaan ini perlu untuk menjamin stabilitas proses digesti. Sistem penyanggaan utama yang memberi kontribusi alkalinitas ialah (a) $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4^+$ dan (b) $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{HCO}_3^-$. Senyawa-senyawa bermuatan negatif tersebut kemudian mampu menyerap kelebihan H^+ akibat akumulasi senyawa asam, sehingga pH tidak sempat turun. Maka dengan demikian, kotoran hewan yang kaya sumber N akan berpengaruh ganda, yaitu atas alkalinitas dan kuantitas CO_2 karena meningkatnya kuantitas sel bakteri-bakteri metan.

Tingkat alkalinitas yang diperlukan untuk menjaga stabilitas proses tergantung atas sifat asal limbahnya. Kotoran hewan dan limbah jamban telah memiliki alkalinitas yang memadai. Jika harus ditambahkan dari luar untuk mengatasi penurunan pH, dapat diberikan NaHCO_3 (Na-bikarbonat). KOH juga dapat diberikan, tetapi memiliki kelemahan karena dapat membentuk endapan k-karbonat pada dinding digester. Sedangkan limbah sayuran dan buahan tidak memiliki alkalinitas yang cukup,

sehingga perlu dibantu dengan penambahan. Digesti limbah sayuran dan buahan pada kecepatan loading 4 kg/m³/hari., ditambah Na-bikarbonat antara 1-4,5 kg/m³ umpa (feed) untuk menghasilkan alkalinitas antara 3.000-5.000 mg agar mampu memberikan 'buffering' guna menjamin proses yang stabil.

- Kadar air

Untuk berlangsungnya proses digesti, limbah harus libuat menjadi 'slurry', (bubur) dengan perlakuan pengecilan ukuran dan penambahan air serta homogenisasi. Isian dl bentuk dengan mengaduk bahan baku dengan air pada perbandingan tertentu. Isian yang paling baik untuk penghasil gas-bio mengandung 7-9 persen bahan kering. Pada keadaan ini proses pencernaan anaerobik berjalan paling baik. Untuk beberapa kotoran khewan. Peter John Meynell memberikan harga bahan kering sebagai diberikan pada Tabel di bawah.

Tabel 17. Harga rata-rata bahan kering beberapa kotoran

Tabel 17. Harga rata-rata bahan kering beberapa kotoran

Jenis kotoran	Bahan kering (%)
Manusia	11
Sapi	18
Babi	11
Ayam/burung	25

oleh sebab itu, untuk setiap jenis kotoran pengenceran isian dengan air dilakukan berbeda-beda pula, agar dSperoleh isian dengan kandung bahan kering yang optimum. Sebagai contoh, kotoran sapi yang segar mengandung bahan kering sebanyak 18%. Untuk mendapatkan isian dengan kandungan bahan kering 7 - 9%, maka perlu diencerkan dengan menambah air sebanyak kotoran sapinya lalu diaduk hingga terdapat campuran yang merata. Dengan kata lain adalah rampuran kotoran sapi dan air dengan perbandingan 1 : 1, Perbandingan untuk kotoran babi adalah 1 : 2, sedang untuk kotoran ayam 1:2.

- Pengadukan (*flotasi*)

Bahan baku yang sukar dicerna akan membentuk lapisan kerak pada permukaan cairan. Lapisan ini dapat dipecah dengan alat pengaduk. Dengan demikian hambatan terhadap laju gas-bio yang dihasilkan dapat dikurangi. Oleh karena itu beberapa konstruksi penghasil gas-bio dilengkapi dengan pengaduk. sewaktu memasang pengaduk harus diperhatikan agar tidak terjadi kebocoran pada tangki-pencerna.

- Bahan-bahan penghambat

Bahan-bahan yang dapat menghambat proses fermentasi metan meliputi: -
NaCl dan garam-garam dari logam alkali

- senyawa organik yang mengandung alkali
- kloroform
- DOT
- logam berat
- Nitropyrin
- $\text{CO}_2 + \text{CH}_4 \rightarrow$ oleh karenanya gasbio harus disalurkan tangki penampung agar tidak meracuni.

9. Kegunaan Keluaran

Sebagai pupuk

Keluaran (bahan yang keluar dari pipa pengeluaran, bar 1(b)) banyak mengandung nitrogen, fosfor, kalium dan elemen-elemen lainnya yang dibutuhkan oleh pertumbuhan tanaman. Sebagian besar nitrogen yang terkandung dalam bahan organik adalah dalam bentuk protein. Nitrogen dalam bentuk protein tidak dapat langsung dimanfaatkan oleh tanaman. Didalam tangki-pencerna, protein tersebut akan diuraikan sehingga nitrogen terkandung dalam bentuk ammonium (NH_4), jadi dapat langsung dimanfaatkan oleh tanaman dan tidak mudah hilang merembes kedalam tanah. Dengan demikian proses pencernaan didalam tangki pencerna akan mempertinggi kadar nitrogen yang dapat langsung dimanfaatkan oleh tanaman. Pemakaian keluaran

untuk pupuk harus dicoba dahulu, terutama untuk menguji kesesuaian sifat pupuknya dengan keadaan tanah setempat.

Bermanfaat untuk perikanan darat

Dengan mengalirkan keluaran ke dalam kolam ikan, maka pertumbuhan algae (ganggang) dan plankton-plankton menjadi subur. Algae dan plankton ini sangat berguna sebagai makanan ikan. Dalam menerapkan keluaran untuk perikanan darat perlu dilakukan pengujian-pengujian agar dicapai kondisi kerja yang menguntungkan sesuai dengan keadaan setempat

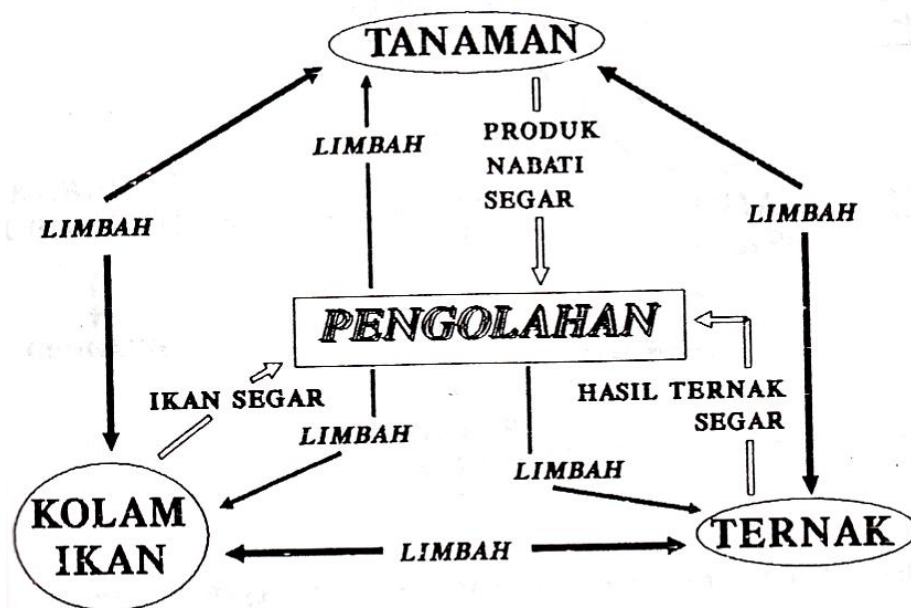
BAB III

PENGELOLAAN LIMBAH PERTANIAN

DENGAN POLA PRODUKSI

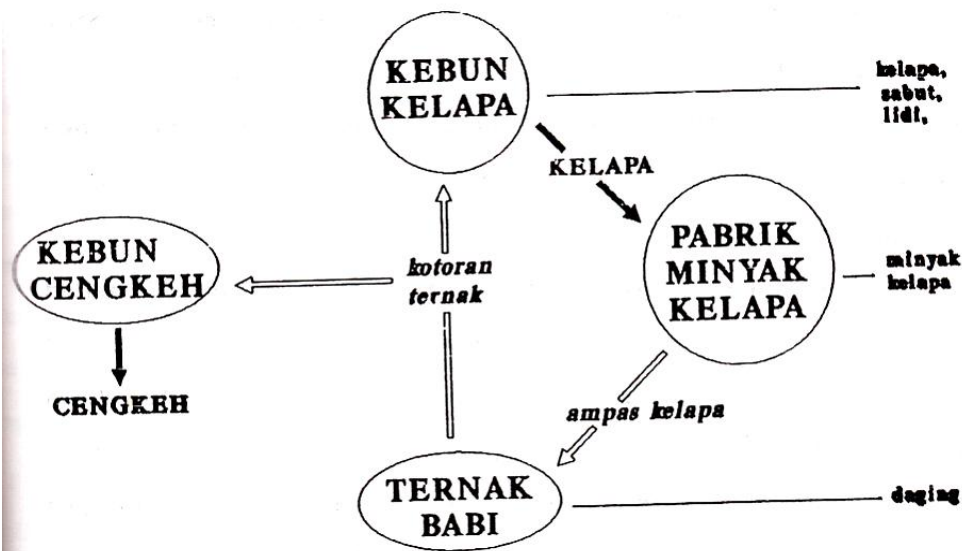
Dalam ekosistem yang seimbang, limbah yang ditimbulkan oleh setiap kehidupan akan selalu dapat dimanfaatkan oleh kehidupan lainnya. Secara alamiah, proses tersebut berjalan lambat. Sering-kali limbah yang timbul dari suatu kehidupan menempuh perjalanan yang panjang untuk dapat bertemu dengan kehidupan lain yang memerlukannya. Apalagi bila pada akhirnya kehidupan yang menimbulkan limbah awal harus mendapatkan kembali bahan-bahan tersebut dalam bentuk yang dibutuhkannya. Kejadian demikian akan menimbulkan daur tertutup, dan permasalahan limbah teratasi oleh alam itu sendiri secara alamiah. Daur ini seimbang, dalam arti tidak terjadi akumulasi limbah di salah satu titik yang dapat menimbulkan permasalahan bagi lingkungan tersebut. Contoh daur alam yang paling pendek ialah daun, ranting, bunga dan buah dari tanaman di hutan yang gugur dan membusuk di tanah. Pembusukan ini terjadi karena perombakan mikrobiologik, yaitu usaha mikrobial dalam tanah untuk memperoleh energi dan senyawa-senyawa penyusun sel dengan jalan merombak senyawa limbah tanaman tersebut. Sisa perombakan yang tidak dapat dimanfaatkan mikrobial untuk hidup dan pertumbuhannya, akan diambil kembali oleh pohon yang bersangkutan berupa zat hara dari dalam tanah.

Bertitik tolak pada kenyataan yang terjadi di alam ini, dapat diciptakan suatu daur paksaan untuk mengelola limbah, dalam suatu Pola Produksi dalam Daur Paksaan. Dalam cara pengelolaan ini, usaha produksi tidak boleh berhenti hanya dengan satu titik produksi, karena limbah akan terakumulasi dan menimbulkan permasalahan. Setiap titik produksi harus diikuti dengan titik produksi lain untuk memanfaatkan limbah yang timbul dari titik produksi sebelumnya sebagai bahan baku. Kemudian limbah dari titik produksi kedua dikelola dengan menciptakan titik produksi ketiga untuk mengolahnya. Demikian secara berturut-turut diciptakan titik-titik produksi yang dipaksa untuk mengolah limbah-limbah yang timbul sampai akhirnya diperoleh limbah dari suatu titik produksi (akhir) yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku oleh titik produksi awal. Karena yang ditiru adalah daur kehidupan di alam, maka limbah yang dapat dikelola adalah limbah biologik, yang tersusun oleh bahan-bahan organik. Di samping limbahnya limbah biologi, proses produksinya juga terbatas hanya produksi yang melibatkan proses kehidupan seperti halnya peternakan, perikanan, budidaya tumbuhan/tanaman atau pembiakan mikroorganisme. Gambar 26 adalah bagan dasar Pola produksi dalam Daur Paksaan. Bila telah memungkinkan teknologinya, usaha produksi protein sel tunggal (SCP= Single cell Protein) dapat digabungkan menjadi salah satu titik produksi dalam rangkaian pola produksi dalam daur paksaan ini. Dengan adanya titik produksi SCP, limbah akan jauh lebih cepat diproses, dan potensi pemanfaatannya akan jauh lebih besar dan bervariasi, sehingga daur yang diciptakan (paksaan) akan menjadi lebih 'luwes' dan efisien.



Gambar 26. Bagan Dasar Pola Produksi dalam Daur Paksaan
(Kasmidjo, 1975)

Penerapan pola ini ternyata telah terdapat dimasyarakat, yang penulis jumpai dipulau Bangka pada tahun 1976, dikerjakan oleh beberapa petani cengkeh dipulau itu. Bagan penerapan pola produksi dalam daur paksaan untuk produksi cengkeh, daging babi dan minyak kelapa serta produk cengkeh, daging babi dan minyak kelapa serta produk-produk asal kelapa lainnya disajikan pada gambar



Gambar 27. Bagan Produksi Cengkeh, Daging babi dan Minyak kelapa dalam Daur Paksaan

Gambar tersebut, tidak nampak lagi titik produksi mana yang menjadi titik awal dan yang merupakan usaha produksi utama. Tetapi pada saat penulis wawancara, petani bersangkutan menyatakan bahwa cengkeh adalah produk primadonanya. Sedangkan ternak babi merupakan titik produksi untuk mensuply pupuk kotoran babi bagi tanaman cengkehnya, disamping mengolah limbah pengolahan kelapa menjadi minyak kelapa, berupa ampas kelapa untuk babi. Nampak dari gambar 27 bahwa semua limbah yang timbul dapat dimanfaatkan oleh titik-titik produksi secara tertutup sehingga tidak lagi timbul permasalahan limbah ternak, limbah panen mau pun limbah pengolahan. Dan dari perputaran daur yang dipaksakan tersebut dapat dipetik bahan-bahan yang memiliki nilai jual untuk dipasarkan, meliputi kelapa, minyak kelapa, daging babi, cengkeh produk asal kelapa seperti lidi dan sabut. pada pembicaraan ini diarr.bi] limbah pabrik tapioka sebagai kasus. Pabrik tapioka sebagai titik produksi yang mengolah bahan biologi (organik) yaitu singkong akan menghasilkan organik berupa tapioka dan menimbulkan limbah organik onggok cair (air onggok) dan onggok padat.

Onggok ini. Memiliki kadar bahan pencemar yang amat besar, mencapai ribuan sampai belasan ribu ppm (part per million = perjuta bagian) yang disebut BOD (Biochemical Oxygen Demand). Apabila dibuang langsung ke lingkungan, bahan organik tersebut akan mengalami perombakan oleh jasad mikroorganisme). Dalam perombakannya, akan dibutuhkan oksigen yang cukup besar, sehingga akan merampas cadangan oksigen yang ada di sekitar tempat/aliran pembuangan. Kondisi ini dapat menimbulkan dua kerugian. Pertama, karena cadangan oksigen yang langka, mengakibatkan ekosistem (keseimbangan kehidupan) di daerah tersebut akan berubah. Jasad-jasad hidup yang membutuhkan oksigen untuk hidupnya akan mati. Kematian jasad yang satu akan berakibat matinya kelompok jasad lain yang memerlukan jasad pertama untuk mangsa/umpan makanannya. Dalam keadaan paling buruk, alam di tempat tersebut akan sama sekaliberubah. Kedua, kurangnya oksigen menyebabkan mikroorganisme harus merombaknya dalam keadaan tanpa oksigen tersebut (perombakan anaerobik) dengan menghasilkan berbagai senyawa dengan bau busuk. Dengan demikian timbullah limbah yang sangat mengganggu lingkungan.

Sebagai limbah yang berasal dari bahan organik singkong, setelah diekstrak (ambil) patinya, onggok masih mengandung banyak bahan organik. Onggok padat masih mengandung sejumlah pati, gula reduksi dan selulosa, disamping bahan-bahan tertinggal sisa pengolahan seperti senyawa belerang (yang digunakan sebagai bahan pemutih tapioka). Air onggok masih mengandung pati dan gula reduksi di samping sebenarnya merupakan sumber air yang semestinya masih dapat didaur ulang secara aman ke alam atau pun dalam proses. Jadi sebenarnya limbah pabrik tapioka masih dapat ambil manfaatnya.

Berpijak pada konsep daur paksaan seperti diuraikan di depan, limbah pabrik tapioka, air onggok mau pun onggok padat dapat dimanfaatkan untuk diolah menjadi berbagai produk peternakan, tanaman dan energi. Bagan dari pengelolaan dan pemanfaatan limbah pabrik tapioka disajikan dalam gambar 28

- Produksi Pakan Ternak dan Usaha Peternakan Ruminansla Karena kandungannya akan selulosa, onggok padat dapat dimanfaatkan sebagai pakan

```

graph TD
    KS((KEBUN SINGKONG)) --> S[SINGKONG]
    S --> PT((PABRIK TAPIOKA))
    PT --> ongkok[onggok]
    PT --> airongkok[air onggok]
    PT --> kulit[kulit singkong]
    PT --> daun[daun singkong]
    PT --> batang[batang singkong]
    ongkok --> PTN[PAKAN TERNAK]
    airongkok --> PTN
    kulit --> UP[USAHA PETERNAKAN]
    daun --> UP
    batang --> PG((PROSES GASBIO))
    PG --> AI[AIR IRIGASI]
    PG --> K1[KOMPOS]
    K1 --> BJ[BUDIDAYA JAMUR MERANG]
    K1 --> UP2[USAHA PERIKANAN]
    BJ --> KT[kotoran ternak]
    KT --> UP1[USAHA PETERNAKAN]
    UP1 --> K2[KOMPOS]
  
```

Gambar 28. Bagan Pengelolaan dan Pemanfaatan Limbah Pabrik Tapioka dengan Pola Produksi dalam Daur Paksaan (Kasmidjo dan Suparmo, 1981)

Gambar 28. Bagan Pengelolaan dan Pemanfaatan Limbah Pabrik Tapioka dengan Pola Produksi dalam Daur Paksaan
(Kasmidjo dan Suparmo, 1981)

Produksi pakan untuk diumpankan bagi ternak yang dipelihara sendiri oleh pabrik, dapat berupa sapi, kuda, domba, kambing atau kerbau. Besarnya usah peternakan disesuaikan dengan kemampuan produksi pakan. Kelebihan pakan juga dapat dijual.

- Usaha Budidaya Jamur Merang

Onggok padat sebagai sumber selulosa juga dapat dimanfaatkan untuk produksi jamur merang sebagai pengganti jerami. Salah satu faktor penting dalam budidaya jamur merang ini ialah proses pengkomposan yang memerlukan kelembaban, sumber nitrogen dan sumber mikroorganisme perombak selulosa. Kebutuhan-kebutuhan tersebut dapat dipenuhi dari air onggok dan kotoran ternak memamah biak yang dipelihara sebagai unit produksi belunnya (butir 1). Satu hal yang amat penting dalam titik produksi ini ialah proses pengkomposan dan penanaman jamur merang akan sekaligus menurunkan kadar bahan organik polimer dengan berat molekul tinggi seperti selulosa dan pati, menjadi senyawa-senyawa sederhana yang tidak lagi memerlukan banyak oksigen dalam proses perombakannya di alam, bila dibuang. Berarti onggok sisa setelah digunakan untuk penanaman jamur merang sudah amat menurun potensi pencemarannya, sekaligus dapat dimanfaatkan sebagai pupuk di kebun singkong untuk mengembalikan kesuburan tanah yang telah dihisap oleh singkong

- Usaha Perikanan

Air onggok juga dapat dimanfaatkan untuk usaha perikanan, dipilih jenis yang tahan hidup dengan BOD tinggi, misalnya belut dan ikan lele. Tentu saja masih harus disangga dengan beberapa sumber pakan dan perlakuan lain untuk menunjang kehidupan belut dan ikan lele tersebut agar memberikan hasil yang menguntungkan.

- Penyediaan Energi dengan Gasbio

Gasbio ialah gas yang dihasilkan dengan proses biologik atas bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri metan. Gas ini terdiri atas sebagian besar gas metan. Gasbio ini tercampur CO₂ dan gas-gas lain dalam jumlah amat sedikit. Gasbio diproduksi dengan memanfaatkan sembarang bahan organik yang diatur perbandingan unsur C (karbon) dan N (nitrogen)-nya, dibuat bubur bahan organik dan selanjutnya diperam beberapa hari sampai timbul gas. Batang pohon singkong, daun singkong kering, kulit singkong, onggok, air onggok dan onggok sisa penanaman jamur merang, dicampur dengan kotoran ternak sebagai penambah sumber nitrogen serta sumber mikroorganisme gasbio akan dapat diproses menjadi gasbio. Dari proses ini, selain dihasilkan gas masih akan diperoleh air yang siap digunakan untuk irigasi (karena senyawa limbah dengan potensi pencemaran telah diuraikan menjadi gasbio) dan sisa padat berupa lumpur, yang setelah dikeringkan merupakan kompos yang amat baik.

Gasbio yang dihasilkan dapat langsung digunakan untuk sumber energi baik dalam pemanasan maupun penerangan. Gas ini juga dapat dimurnikan sebagai gas metan dalam tangki-tangki seperti halnya gas elpiji, dan gas CO₂, sehingga dapat dijual dengan variasi pemanfaatan yang lebih besar dan harga yang lebih tinggi.

Selanjutnya air irigasi sisa gasbio, kompos sisa gasbio maupun sisa budidaya jamur merang dapat didaur-ulangkan ke kebun untuk membayar hutang kesuburan tanah yang telah dimanfaatkan oleh singkong.

Dengan demikian, bila pola produksi ini diterapkan akan diperoleh berbagai keuntungan, antara lain:

- Kelestarian lingkungan berupa kesuburan tanah terjaga.
- Pencemaran baik bau, pandangan maupun kerusakan lingkungan dapat dihindarkan
- Diperoleh dan dihemat energi
- Diperoleh berbagai produk tambahan berupa produk peternakan, produk perikanan dan jamur merang.

Daur ini kalau mau masih dapat diperpanjang misalnya dengan produksi asam sitrat dari onggok menggunakan bantuan jasad *Aspergillus niger*. Atau diperpendek dengan hanya satu atau dua titik produksi saja. Pertimbangan terakhir untuk

menciptakan titik produksi ialah faktor ekonomi. Apakah produk yang diproduksi laku dijual dan apakah biaya pengusahaannya dapat tertutup dengan harga jualnya. Penulis berpendapat bahwa seringkali pasar baru dapat tercipta bila produk yang dihasilkan memang murah. Sedangkan untuk menentukan harga pokok produksi tambahan ini, perlu dipertimbangkan bahwa tujuan penting dari titik produksi antara lain ialah untuk melestarikan lingkungan dan mengatasi permasalahan pencemaran. Sehingga tidak semata-mata mempertimbangkan keuntungan berupa uang saja untuk memberikan harga yang murah.

KESIMPULAN

Limbah pertanian merupakan produk sampingan yang tidak dapat dilepaskan dari sistem pertanian. Limbah pertanian yang tidak ditangani dengan baik dapat menimbulkan dampak negatif baik pada lahan pertanian itu sendiri maupun berpengaruh terhadap lingkungan yang lebih luas seperti pemanasan global dan perubahan iklim. Sebaliknya pemanfaatan limbah pertanian yang optimal dapat memberikan kontribusi terhadap peningkatan pendapatan petani dan perbaikan kualitas lahan pertanian sehingga dapat digunakan secara berkesinambungan. Limbah pertanian dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik atau kompos yang dapat digunakan untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, serta dapat dipakai untuk menurunkan serangan beberapa penyakit tanaman. Disamping itu, limbah **pertanian** juga dapat digunakan sebagai mulsa. pakan ternak> sumber energi (kayu **bakar** dan biogas). dan bahan kerajinan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adimihardja, Abdurachman. 2008. Strategi Mempertahankan Multifungsi Pertanian di Indonesia. Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- Agus, F. dan E. Husen. 2005. Tinjauan umum multifungsi pertanian. Presiding Seminar Nasional Multifungsi Pertanian dan Ketahanan Pangan. Bogor, 12 Oktober dan 24 Desember 2004. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor. him. 1-16.
- Akrial Zul. 2008. Pertanian Organik Sebagai Wujud Pertanian Bekelanjutan. http://www.diperta.jabarprov.go.id/data/arsip/konsep_dan_prinsip_pertanian_organik.pdf
- Anis dianto, Ridwan Zahab, dan Iskandar Zulkarnain. 2007. Pengaruh Penggunaan terhadap Penghematan Air Pada Fase Vegetatif Tanaman Stroberi (*Fragaria visca*). Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Unna.
- Anonimus 1990. Scientific information for sustainable development. SCOPE Newsletter (33):4-5
- Anonimus 2001. Dasar Pengelolaan Limbah Secara Fisik. Proyek Pengembangan Sistem an Standar Pengelolaan SMK. Direktorat Pendidikan Menengah KejuruanDepartemen Pendidikan Nasional. Jakarta.
- Anonimus 2008a. Peluang Agribisnis Arang Sekam. Balai Penelitian Pascapanen Pertanian. <http://www.pustaka-deptan.go.id/publikasi/wr254033.pdf>
- Anonimus 2008b. Klasifikasi dan Karakteristik Limbah. <http://jajo66.files.wordpress.com/2008/03/2klasifikasi-jenis-limbah.pdf>
- aryantha, I.P. 2002. Development of Sustainable Agricultural System, One Day Discussion on The Minimization of Fertilizer Usage, Menristek-BPPT, 6th May-2002, Jakarta.
- Aiyantha,I.P., R. Cross & D.I. Guest. 2000, Suppression of *Phytophthora cinnamomi* Rands in potting mixes amended with uncomposted and composted animal manure's, Phytopathology (J) 90 (7), 775-782.
- Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. 2007. BioDek, Bio-Aktivator PercepatLimbah Pertanian Menjadi Kompos. <http://www.itbang.deptan.go.id/berita/one/513/>
- Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. 2008. Multi Fungsi Lahan vs Pencemaran DAS. Departemen Pertanian RI. <http://bbsdlp.litbang.deptan>.

go.id/index.php?option=com_content&task=view&id=50&Itemid=122&limit=1&limitstart=9.

43

- Bratasida . 2004. Bumi Makin Panas: Ancaman Perubahan Iklim di Indonesia, Kementerian Negara Lingkungan Hidup, JICA dan Pelangi, Jakarta.
- Chairul Rachman. 2007. Agenda Nasional [2008 - 2015] dan Rencana Aksi [2008 -2009]. Pengurangan Etnisi Gas Rumah Kaca Sektor Pertanian. Departemen Pertanian Republik Indonesia.
- Didixz. 2008. Kerajinan Kertas Daur Ulang dan Limbah Pertanian. <http://kertas-nyeni.b4ogspot.com/>
- Ecosolve Ltd. 2002. Final Report: Eco-Indorganic Project, Climate Change Challenge Fund.
- Elly Indra Swari dan Yogi Sugito dan Jody Moenandir. 2003. Pengaruh Takaran rjmjmJerami dari Beberapa Varietas Padi terhadap Penekanan Gulma pada tbbhubKedelai. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang.
- Gips, T. 1986. What is sustainable agriculture?. Dalam: Alien P. and D. Dusen (Eds.), Globalprespectives on agroecology and sustainable agriculture Proc. of the 6th Int. Scientific Conference of the International of Organic agriculture Movement (Santa Cruz: Agroecology , Univ. of California) vol 1: hal 63-74.
- Hardword, R.R.1990. Ahistory of Sustainable Agriculture in Sustainable. Agriculture system.C.A Edward, R.
- Irawan, B., E. Husen, Maswar, R.L. Waning, dan F. Agus. 2004. Persepsi dan i masyarakat terhadap multifungsi pertanian: Studi kasus di Jawa Barat JawaTengah. Presiding Seminar Multifungsi Pertanian dan Konservasi Daya Lahan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Aeroklinat, Bogor. him. 21-43.
- Jasmal A Syamsu. 2007. Daya Dukung Limbah Pertanian Sebagai Sumber Pakan TernakRuminansia di Indonesia Jurusan Nutrisi dan Makanan Ternak llBiversitas Hasanuddin, Makassar.
- Juankhan 2008.Kayu Bakar dan Limbah Pertanian sebagai Energi Alternatif. <http://onee.indoskripsi.com/judul-skripsi-tugas-makalah/tugas-kuliah-lainnya/kayu-bakar-dan-limbah-pertanian-sebagai-energi-alternatif>.
- Pediman Umum Pelaksanaan Program dan Anggaran Kinerja PPHP. 2006. DvektoratJenderal Pengolahan dan Pemasaran Hasil Pertanian, Departemen

- Pyndji, M; G.S. Abawi and R. Buruchara. 1997. Use of green manures in suppressing root rot severity and damage to beans in Uganda, *Phytopathology*, 87 (6): 80.
- Sagiman Saeri. 2007. Pemanfaatan Lahan Gambut Dengan Perspektif Pertanian Berkelanjutan. Orasi Ilmiah Guru Besar Tetap Ilmu Kesuburan Tanah. Fakultas Pertanian. Universitas Tanjungpura.
- Schuler, C.; J. Pinky; M. Nasir and Vogtmann. 1993. Effects of composted organic kitchen and garden waste on *Mycosphaerella pinodes* (Berk, et Blox) Vestergr., causal organism of foot rot on peas (*Pisum sativum* L.), *Biological Agriculture and Horticulture*, 9: 353-360.
- Shapiro, D.I.; G.L Tylka and L.C. Lewis. 1996. Effects of fertilizers on virulence of *Steinernema carpocasea*, *Applied Soil Ecology*, 3(1) : 27-34
- Supriadi dan Soeharsono. 2008. Limbah Pertanian Sebagai Daya Dukung Pakan Ternak Di Lahan Kering (Studi Kasus) Desa Plembutan, Kecamatan Playen, Kabupaten Gunung Kidul. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Yogyakarta
- Sutanto Rahman. 2002. Gatra Tanah Pertanian Akrab Lingkungan dalam Menyongsong Pertanian Masa Depan. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* Vol 3 (1 pp 29-37.
- Sutanto, Rachman. 2002. Pertanian Organik Menuju Pertanian Alternatif dan Berkelanjutan. Kanisius Yogyakarta.
- Syekluani Ilyas dan Sugeng Prijono. 2000. Analisis Pemberian Limbah Pertanian Abu Sekam Sebagai Sumber Sillka T P Ada Andisol dan Oxisol terhadap Pelepasan Fosfor Terjerap dengan Teknik Perunut 32p. Risalah Pertemuan Ilmiah Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isolop dan Radiasi.